

## **Special Instructions for Evidence Copy Box Identification**

**Documents in this patent application scanned prior to the scan date of this document may not have a box number present in the database. The documents are in the same box as this paper. If the patent application documents that do not have a box number are stored in more than one box, a copy of this form is placed in each box. Check the database box number for each copy of this form to identify all of the evidence copy box numbers for documents that do not have a box number.**



**The documents stored in this box are original application papers scanned and endorsed by PACR and imported into IFW.**

☐

**The documents stored in this box were scanned into the IFW prototype for GAU 1634, 2827, or 2834.**

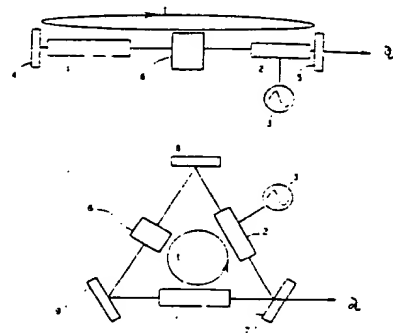
**Indexer, place an X in only one box above to indicate the documents placed in this box that were previously scanned in PACR or IFW and will not be scanned again.**

**(54) MODE SYNCHRONOUS LASER DEVICE**

(11) 3-229478 (A) (43) 11.10.1991 (19) JP  
 (21) Appl. No. 2-24416 (22) 5.2.1990  
 (71) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> (72) ATSUSHI TAKADA(1)  
 (51) Int. Cl.<sup>5</sup> H01S3/098, H01S3/083

**PURPOSE:** To form a mode synchronous laser device for stably generating an optical pulse by disposing a period transmission type optical filter having transmission properties of a period equal to the driving frequency of optical modulating means in a light circulation passage in a laser oscillator.

**CONSTITUTION:** In order to circulate a light between an optical amplifying medium 1, optical modulating means 2 and a period transmission type filter 6 in a ring type laser resonator, mirrors 7, 8, 9 are respectively disposed between the medium 1 and the means 2, the medium 2 and the filter 6, and the filter 6 and the medium 1, and an output pulse light is output from the mirror 7. Since the filter 6 having transmission properties and a period (f) equal to a driving frequency is inserted into the resonator, only a group of phase-synchronized vertical mode is output without loss of the filter 6, the other two groups are subjected to strong loss, and not almost output. Accordingly, since only the phase-synchronized mode is selectively oscillated at an interval of the period (f), a stable optical pulse can be obtained.



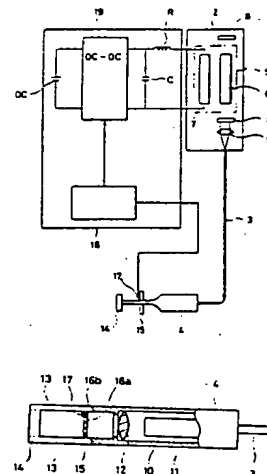
t: circulating time, 4,5: mirror, a: output pulse, 3: drive source

**(54) LASER DEVICE**

(11) 3-229479 (A) (43) 11.10.1991 (19) JP  
 (21) Appl. No. 2-24347 (22) 5.2.1990  
 (71) TOSHIBA CORP(1) (72) TETSUYA HONDA(3)  
 (51) Int. Cl.<sup>5</sup> H01S3/131, A61B17/36, H01S3/00

**PURPOSE:** To accurately grasp output variation of a laser light and to accurately control an output by providing means for measuring the energy of the light passed through a hole formed at a filter provided forward of the optical axis of the light to an energy average transmission member, comparing the measured value with a reference value and controlling a power source voltage to an exciter provided in a laser light oscillator.

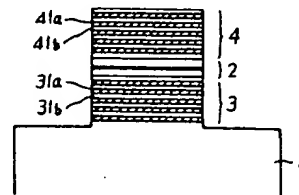
**CONSTITUTION:** A photosensor 17 is provided oppositely to one of holes 16b disposed at outer peripheries of hole groups of a plurality of holes 16a, 16b formed at a filter 17 to measure a laser light which passes the hole 16b disposed at the outer periphery of the group. A comparison calculator 18 compares the measured output of the photosensor 17 with a preset value of the measured output, and outputs its difference. That is, the calculator 18 can set a laser light output to be a target by an operator. A DC/DC converter 19 controls a voltage to be charged to a capacitor C in response to a command from the calculator 18.

**(54) SURFACE TYPE LIGHT EMITTING ELEMENT**

(11) 3-229480 (A) (43) 11.10.1991 (19) JP  
 (21) Appl. No. 2-24452 (22) 5.2.1990  
 (71) NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT> (72) GOJI KAWAKAMI(4)  
 (51) Int. Cl.<sup>5</sup> H01S3/18

**PURPOSE:** To apply on an InGaAsP/InP long wave light emitting element, an AlGaInP visible light element, etc., by forming the half widths of a cavity mode and an oscillating light wavelength in the same degree.

**CONSTITUTION:** An active region 2 is formed of a light emitting layer of an InGaAs distortion quantum well, and a GRIN (Graded Index) structure 2 of a GaAs-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As, an Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As is used as a spacer, and a mirror interval is set to 1 or 1/2 wavelength. Multilayer film mirrors 3, 4 are made of  $\lambda/4n$  of the Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As, the antinode of a standing wave in a cavity is disposed at the center of the cavity, and a light emitting layer is disposed at the position. The cavity is all formed at  $\lambda/2$  thickness of the Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As. When the values of reflectivities of both sides are near, a surface type bistable logic element is used to receive a signal light from one side and to output a lasing light to the other. The reflectivities are arbitrarily so set according to the photodetecting sensitivity and light emitting output of the element that the half power width of a cavity mode and the half power width of the emitting light wavelength are formed in the same degree. When one reflectivity is set to approximately "1" and the other reflectivity is set to a value smaller than it in an asymmetrical structure, a light to be emitted toward a direction of smaller reflectivity is obtained.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2744503号

(45) 発行日 平成10年(1998) 4月28日

(24) 登録日 平成10年(1998) 2月6日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

H 0 1 S 3/18

請求項の数 3 (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平2-24452  
 (22) 出願日 平成2年(1990) 2月5日  
 (65) 公開番号 特開平3-229480  
 (43) 公開日 平成3年(1991) 10月11日  
 審査請求日 平成7年(1995) 10月17日

(73) 特許権者 999999999  
 日本電信電話株式会社  
 東京都新宿区西新宿3丁目19番2号  
 (72) 発明者 川上 剛司  
 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
 日本電信電話株式会社内  
 (72) 発明者 山本 喜久  
 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
 日本電信電話株式会社内  
 (72) 発明者 小暮 攻  
 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
 日本電信電話株式会社内  
 (74) 代理人 弁理士 杉村 暁秀 (外1名)  
 審査官 門田 かづよ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 面形発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一定の間隔を持つ1組の多層膜ミラーでキャビティが形成され、該キャビティ内の定在波の腹の部分に発光層を有し、基板に垂直に発光またはレーザ発振する発光素子において、該キャビティモードの半値幅と発光波長の半値幅を同程度にしたことを特徴とする面形発光素子。

【請求項2】 多層膜ミラーの反射率が光取り出し側で小さく、反対側で1に近いことを特徴とする請求項1に記載の面形発光素子。

【請求項3】 二つの多層膜ミラーの反射率がほぼ等しく、一方から受光し他方から発光することを特徴とする請求項1に記載の面形発光素子。

【発明の詳細な説明】

(産業上の利用分野)

本発明は、基板に垂直方向に発光またはレーザ発振する面形発光素子に関し、詳しくは面発光形半導体レーザの特性改善、および微細素子作製の容易化に関するものである。

(従来技術)

基板に垂直に発振する面発光形半導体レーザでは、キャビティ長、すなわち増幅領域が、エピ厚に対応するので、ミクロンオーダーであり、通常のスライブ形レーザに比べて極めて短い。このためレーザ発振を得るためには、できるだけ反射率を高めて光の内部往復を繰り返すことにより、キャビティ長を実効的に長くして、ゲインを得ていた。

第2図は、従来のGaAlAs系面発光レーザの構造を示す模式的断面図であって、発光層は、GaAs基板1の上にGaAs層もしくはInGaAs歪層のDH (Double Hetero) 構造ま

たはGRIN (Graded Index) 構造からなる活性領域2をもち、ミラー間隔を1波形程度とした、いわゆるマイクロキャビティ形をしている。活性領域の外側のキャビティ用ミラー3,4は、透明であって、GaAs/AlGaAsの各々 $\lambda/4n$  ( $\lambda$ は発振波長、 $n$ は各屈折率)の厚さからなる半導体多層膜ミラーを使用している。AlGaAs系の屈折率 $n$ はGaAsで約3.6、AlAsで約3.0であり、中間組成ではほぼ直線的に変化する。多層膜ミラーの反射率は、多層膜ミラーを構成する半導体層の屈折率の差 $\Delta n$ が大きいほど高いので、従来の面形発光素子では、GaAs (または $x \leq 0.2$ の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ )とAlAs (または $x \geq 0.9$ の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ )を用い、その層数(ペア数)は15~30が使用されていた。発光層にInGaAs歪量子井戸を用いた場合、発光波長は約 $1\mu\text{m}$ であり、GaAs基板も透明であるので、基板側から出力を出す場合にも基板GaAsの穴開けを行う必要はない。マイクロキャビティ形レーザでは、発光した光をミラー間で往復させる通常のレーザと異なり、両ミラーの反射率以外に、キャビティモードの半値幅と発光した光の半値幅が特性に関係してくる。すなわち自然放出係数 $\beta$ を大きくすることが発光出力の増大および変調速度の高帯域化などに重要となる。一般にマイクロキャビティの反射率とキャビティモードの半値幅とは逆比例の関係がある。従って前述の従来の面形発光形半導体レーザでは、多層膜ミラーの反射率を大きくすることばかりに注目していたが、キャビティモードの半値幅が発光の半値幅に比べて極端に狭くなり、有効に光出力が外部に取り出せない欠点があった。また変調速度について言えば、高反射ミラーのレーザでは、フォトンライフタイムが長くなるので、変調速度は、これにより制限があった。

第3図にマイクロキャビティの反射特性を示す。

(a)は従来の面形発光形半導体レーザに用いられていたもので、両多層膜ミラーが $\lambda/4n$ -GaAs膜と $\lambda/4n$ -AlAs膜の20ペアからなる場合の反射特性である。キャビティ全体の反射率は $R > 99.99\%$  (各多層膜ミラーの反射率はエビ側99.9%、基板側99.7%)、キャビティモードの半値幅 $\Delta\lambda_c$ は $0.1\text{nm}$ である。ところが発光層がInGaAs歪量子井戸層やGaAs量子井戸層の室温における発光半値幅 $\Delta\lambda_{pl}$ は通常 $5\text{nm} \sim 15\text{nm}$ 程度であるので、 $\Delta\lambda_c < \Delta\lambda_{pl}$ となり、発光の大部分はキャビティ外には出てこない状況となっていた。自然放出係数 $\beta$ は、波長帯域分 $0.1/5 \sim 0.1/15$ 、立体角分約 $0.1$ とすると、 $\beta = 0.7 \sim 2 \times 10^{-3}$ となり、このため出力が小さく、面形半導体レーザの最大の欠点となっていた。

一方、変調速度は緩和振動周波数 $f_r = (P/P_{th} - 1)^{1/2} / (\tau_{sp} \tau_{ph})^{1/2} / 2\pi$ で制限される。ここで、 $P$ は注入密度、 $P_{th}$  (発振しきい値密度)は $P_{th} = \gamma n_{sp} / \beta = n_{sp} / \beta \tau_{ph}$ 、 $\gamma$  ( $= 1/\tau_{ph}$ )は共振器の帯域幅、 $n_{sp}$ はキャリアの反転分布係数、 $\tau_{ph}$ および $\tau_{sp}$ はそれぞれフォトンおよびキャリアのライフタイムである。高注入状態の $P \gg P_{th}$ では、 $f_r \approx (\beta P / n_{sp} \tau_{sp})^{1/2} / 2\pi$ とな

り、自然放出係数 $\beta$ が小さいと高速変調に不利であった。

またAl組成が100%に近いAlGaAsでは、化学的に不安定である、電子およびホール移動度が小さい、加工性が悪いなどの種々の問題があり、またエビ成長の際には良好な平坦性が得られないという困難性もあった。また反射率を高くするために多層膜のペア数を増すと、全体の厚みが厚くなり、これは微細要素子の作製やシリーズ抵抗の点で不利となるほか、エビ成長表面の平坦性が徐々に劣化し、ミラー特性が悪くなる欠点があった。

(発明が解決しようとする課題)

本発明では、発光を有効に取り出し、またはレーザ発振に使用し、かつ変調帯域幅を拡大するため、キャビティモードの半値幅を発光した光のそれと同程度にした、面形発光素子および半導体レーザに関するものである。またAl組成が100%近傍のAlGaAsの使用を回避するものである。

(課題を解決するための手段)

本発明では、少なくとも一方の多層膜ミラーを構成する材料( $\lambda/4n$ 膜)の屈折率の差を少なくするか、またはペア数を少なくし、キャビティモードの半値幅を発光した光のそれと同程度としたところが、従来の面形発光素子と異なる。

(実施例)

第1図は本発明の面形発光素子の一実施例の構造を示す模式的断面図である。活性領域はInGaAs歪量子井戸(発光波長 $980\text{nm}$ )の発光層と、GaAs-Al $_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ のGRIN構造からなり、スペーサにはAl $_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ を用い、ミラー間隔は1波長または $1/2$ 波長としている。多層膜ミラーはGaAsとAl $_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ の $\lambda/4n$ 膜からなるが、例えばミラー間隔が $1/2$ 波長の場合、スペーサに接する $\lambda/4n$ 膜はGaAsとし、キャビティ内の定在波の腹がキャビティの中心にくるようにし、その位置に発光層があるものである。1波長の場合にも同様にGRIN構造およびスペーサのAlGaAs組成を選び、定在波の腹がキャビティの中央にくるようにし、その位置に発光層を置く。このようにしたものについて、この実施例では第3図(b)に示すように、発光幅とキャビティモード幅が同程度となるよう以下のように多層膜ミラーを設定する。

表1に本発明における具体的な多層膜ミラーの構成とミラー特性の関係を、従来形のものと比較して示す。多層膜組成が、①はGaAs/Al $_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ 、②はGaAs/Al $_{0.6}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ 、③はGaAs/AlAsのものである。屈折率は、3.66 (GaAs)、3.294 (Al $_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ )、3.172 (Al $_{0.6}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ )、3.05 (AlAs)とした。キャビティは、すべてAl $_{0.6}\text{Ga}_{0.4}\text{As}$ の $\lambda/2$ 厚とし、各反射率はキャビティからエビ側および基板側をみたものである。両側の反射率の値が近いものは、面形双安定形論理素子として、一方から信号光を受信し、他方へレーザ光を出力する 合のものである。各々の反射率は、キャビティモードの半値幅と

発光波長の半値幅を同程度にしつつ、素子の受光感度および発光出力に従い任意に設定される。また一方の反射率を1に近くし、他方の反射率をそれより小さくした非

対称構成のものは、小さい反射率の方向へのみ発光する光を得るもので、発光専用または受光、発光が同一面側である素子の場合のものである。

表1 キャビティミラー特性

構成材料	エピ表面側 ペア数/R%	基板側 ペア数/R%	$\Delta\lambda_0$
①GaAs/Al <sub>0.6</sub> Ga <sub>0.4</sub> As	5 70.9 →	10 61.3	16nm
	10 88.7 →	10 61.3	12nm
	30 99.8 →	10 61.3	7nm
	20 98.6 →	20 94.3	1nm
	5 70.9 ←	30 99.3	7nm
	10 88.7 ←	30 99.3	2nm
	8 83.3 ↔	15 84.4	6nm
	10 88.7 ↔	16 87.2	4nm
	12 92.5 ↔	18 91.4	3nm
	10 94.5 →	10 79.5	6nm
	7 92.6 →	7 73.2	7nm
	10 97.5 →	10 90.1	3nm
②GaAs/Al <sub>0.6</sub> Ga <sub>0.4</sub> As ③GaAs/AlAs	13 99.1 ←	25 99.96	0.2nm(※従来構成)
	20 99.93 →	20 99.7	0.1nm(※従来構成)

(矢印は反射率の小さいミラー側を、↔ はほぼ等しい反射率の場合を示す。)

本発明におけるキャビティモードの半値幅 $\Delta\lambda_c$ は1nm~16nmであり、これは発光層からの発光半値幅 $\Delta\lambda_{PL}$ =5nm~15nmに近い値であるので、全発光が有効にレージングに参与することができる。このため光出力の大きい半導体レーザを提供することができた。多層膜材料として、AlAsを用いた場合には、ペア数を少なくすることができ、全体の厚さを薄くできる。波長1 $\mu$ mにおけるAlGaAs系材料の $\lambda/4$ 膜の厚さは約70nmで、20ペアでは2.8 $\mu$ mとなる。面発光形半導体レーザのしきい値は原理的には面積に比例して小さくなるので、微小径素子の作製が重要であるが、上記ミラーの厚さでは1 $\mu$ mオーダの微小径の面発光素子の作製は困難となる。従って多層膜ミラーのペア数を少なくすることは、微小径素子の作製に非常に有利となる。

またAl組成が60%~80%程度のもので、反射率をさほど落とさずに、キャビティモード幅を発光した光の半値幅と同程度とすることができた。このAl組成は実用化されたストライプ形レーザに使用されている程度の組成であり、化学的安定性や電気的特性の点で問題はない。

(発明の効果)

本発明の面発光素子は、前記の実施例では、発光層がInGaAs歪量子井戸、多層膜ミラーがAlGaAs系のものであったが、本発明の基本概念は、発光層がGaAsまたはAl組成の少ないAlGaAsの場合にも、さらにはInGaAsP/InP長波系発光素子、AlGaInP系可視光素子などにも適用できる。

また量子構造は前記の1次元井戸構造だけでなく、2次元、3次元量子井戸、すなわち量子線、量子箱形についても、おのおの発光幅に合わせてミラー特性を設定することにより、本発明の効果を得ることができる。

また素子形態についても面発光形半導体レーザ、面形LEDばかりでなく、面形双安定レーザおよびそれを用いた光論理素子等に対する適用も可能である。使用するミラー用多層膜については、誘電体多層膜、金属膜等を使用できることはもち論である。

【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の面発光素子の一実施例の構造を示す模式的断面図、

第2図は従来の面発光素子の構造を示す模式的断面図、

第3図はマイクロキャビティの反射特性を示す図である。

1……GaAs基板

2……GaAs層またはInGaAs歪量子井戸を発光層とするDH形またはGRIN形の活性層

3……基板側多層膜ミラー

4……エピ側多層膜ミラー

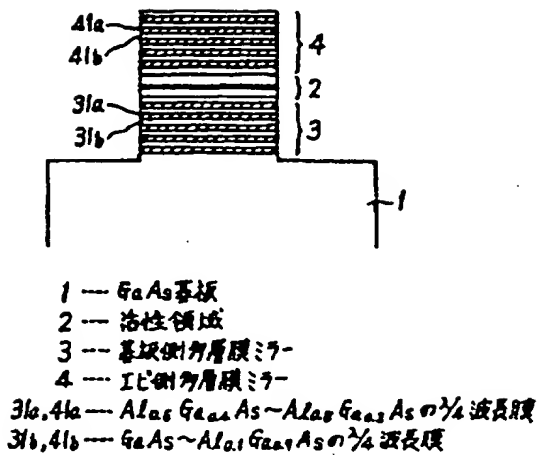
3a, 4a……AlAsの $\lambda/4$ 波長膜

3b, 4b……GaAsの $\lambda/4$ 波長膜

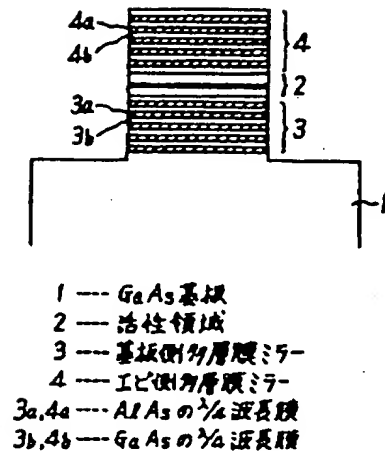
31a, 41a……Al<sub>0.6</sub>Ga<sub>0.4</sub>As~Al<sub>0.8</sub>Ga<sub>0.2</sub>Asの $\lambda/4$ 波長膜

31b, 41b……GaAs~Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asの $\lambda/4$ 波長膜

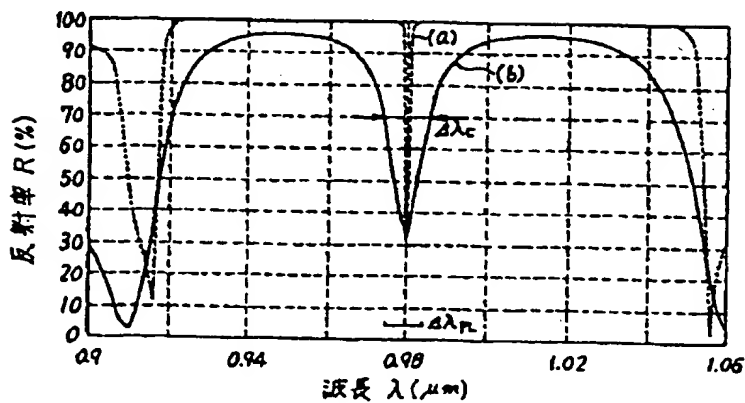
【第1図】



【第2図】 従来



【第3図】



フロントページの続き

(72) 発明者 岡安 雅信  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 上原 信吾  
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号  
日本電信電話株式会社内

(56) 参考文献 特開 平1-298787 (JP, A)  
電子情報通信学会誌 72 [9]  
(1989) P. 1014-1020